

**INTEGRATED LIGHT EMITTING DEVICE AND METHOD THEREOF****Publication number:** JP7170027**Publication date:** 1995-07-04**Inventor:** HANSU NETSUTERUBURATSUTO; MAIKURU  
UITSUDOMAN**Applicant:** ASEA BROWN BOVERI**Classification:****- international:** H01L27/15; H01L33/00; H01S3/0933; H01S5/00;  
H01S5/042; H01L27/15; H01L33/00; H01S3/0915;  
H01S5/00; (IPC1-7): H01S3/18; H01L33/00;  
H01S3/0933**- European:** H01L27/15; H01L33/00B6B2; H01L33/00C3**Application number:** JP19940195487 19940819**Priority number(s):** SE19930002691 19930820**Also published as:**

US5543638 (A1)

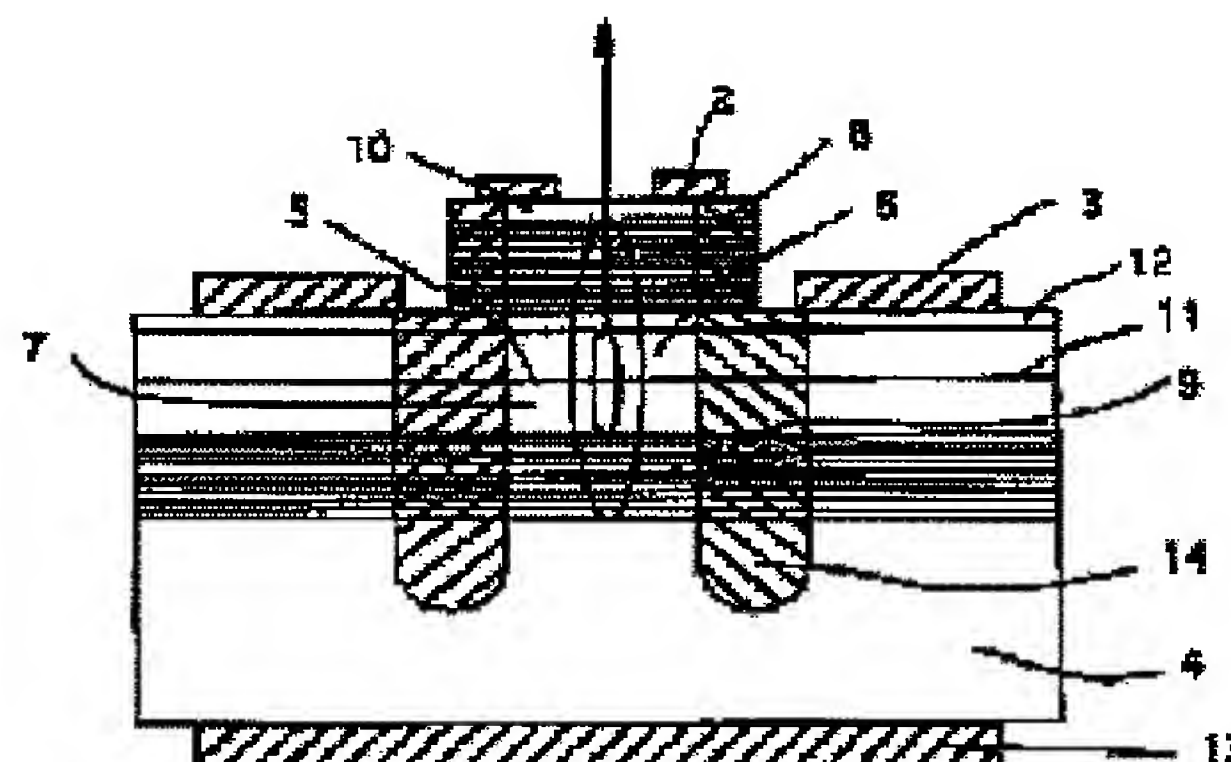
SE9302691L (L)

SE9302691 (L)

SE501635 (C2)

[Report a data error here](#)**Abstract of JP7170027**

**PURPOSE:** To obtain a device and a method for emitting light from a semiconductor host body that can modulate the brightness of light with a high frequency by changing an external electric field between both edges of an emission element that can be excited by light from a P-N diode which is arranged in the same semiconductor base body. **CONSTITUTION:** A light-emitting element includes a quantum well 5 that can emit light with a fundamental wavelength, when no external electric field exists and two reflectors 8 and 9, a micro-cavity with a resonance wavelength closely corresponding to the fundamental wavelength of the quantum well, and electrodes 2 and 13 for controlling the brightness of the micro-cavity by changing the wavelength of the quantum well by supplying an electric field between both terminals of the micro-cavity.



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

2/4

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平7-170027

(43) 公開日 平成7年(1995)7月4日

(51) Int.Cl.<sup>5</sup> 識別記号 庁内整理番号 F I 技術表示箇所

H 0 1 S 3/18

H 0 1 L 33/00

A

H 0 1 S 3/0933

H 0 1 S 3/ 091

S

審査請求 未請求 請求項の数11 O L (全 5 頁)

(21) 出願番号 特願平6-195487

(22) 出願日 平成6年(1994)8月19日

(31) 優先権主張番号 9 3 0 2 6 9 1 - 2

(32) 優先日 1993年8月20日

(33) 優先権主張国 スウェーデン (S E)

(71) 出願人 5900002965

アセア ブラウン ボベリ アクチーボラ  
グ

スウェーデン国ベステルオース (番地な  
し)

(72) 発明者 ハンス ネットルブラット

スウェーデン国プロムマ, クメルベージェン  
22

(72) 発明者 マイクル ウィッドマン

スウェーデン国クングサーンゲン, ラムバ  
スティゲン 12

(74) 代理人 弁理士 浅村 皓 (外3名)

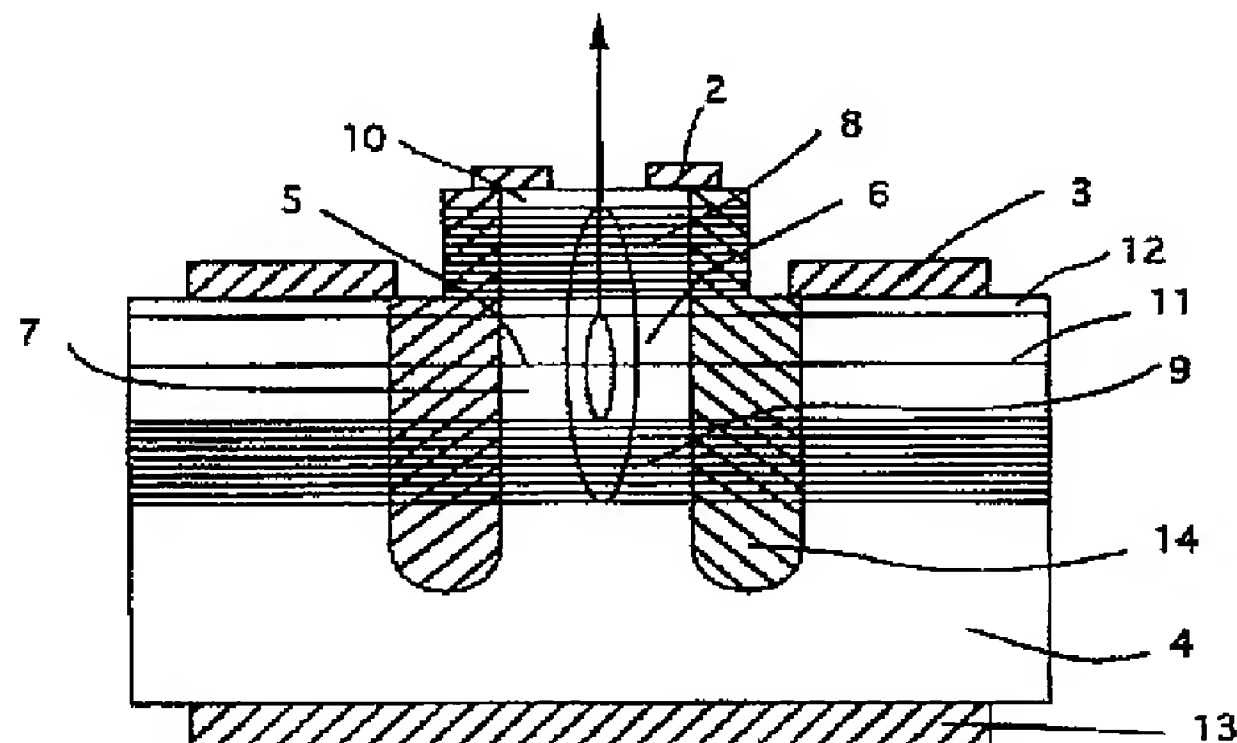
(54) 【発明の名称】 集積化発光装置およびその方法

(57) 【要約】

【目的】 同一半導体母体中に配置された P N ダイオードからの光によって励起されるようになった発光要素両端間の外部電界を変化させることによって光の輝度を高周波変調できるようになった、半導体母体から光を放出させるための装置および方法を得る。

【構成】 発光要素は、外部電界の存在しない時に基本波長を有する光を放出することのできる量子井戸

(5)、2つの反射器(8、9)を含み、量子井戸の基本波長に密接に対応する共鳴波長を有するマイクロキャビティ、およびマイクロキャビティ両端間に電界を供給して量子井戸の波長を変化させ、それによってマイクロキャビティの輝度を制御するための電極(2、13)を含む。



FP04-0460 (JP)
'07.11.13
OA

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 半導体母体から発光させるための方法であって、光の輝度が発光要素両端の電界を変化させることで制御できるようになっており、発光要素が同じ半導体母体中のPN発光ダイオードから放出される光によって励起されることを特徴とする方法。

【請求項2】 光を放出させるための装置であって、半導体母体中に配置された発光要素を含み、前記発光要素の輝度が外部電界によって制御できるようになっており、発光要素と同じ半導体母体中にPN発光ダイオードが配置されて、PNダイオードからの光が発光要素を励起するようになっていることを特徴とする装置。

【請求項3】 請求項第2項記載の発光装置であって、前記発光要素が、  
 一外部電界の存在しない時に基本波長を有する光を放出するように設定された発光活性層(5)  
 一前記活性層を取り囲んでマイクロキャビティを構成し、マイクロキャビティの共鳴波長が反射器間の距離によって定まるようにしている反射器(8、9)  
 一前記活性層両端間に可変の電界を実現するための手段(2、13)を含んでいることを特徴とする装置。

【請求項4】 請求項第3項記載の発光装置であって、前記発光活性層(5)が量子井戸であることを特徴とする装置。

【請求項5】 請求項第3項記載の発光装置であって、前記反射器(8、9)がブラッグ反射器を含んでいることを特徴とする装置。

【請求項6】 請求項第5項記載の発光装置であって、前記ブラッグ反射器の少なくとも1つが誘電性であることを特徴とする装置。

【請求項7】 請求項第3項記載の発光装置であって、前記反射器(8、9)の少なくとも1つが金属製反射器であることを特徴とする装置。

【請求項8】 請求項第3項記載の発光装置であって、前記マイクロキャビティが前記活性層の基本波長に密接に対応する共鳴波長を有していることを特徴とする装置。

【請求項9】 請求項第3項記載の発光装置であって、前記電極が可変の電界を生成するように配置されていることを特徴とする装置。

【請求項10】 請求項第3項記載の発光装置であって、前記PNダイオードおよび前記発光要素が互いに電氣的に分離されていることを特徴とする装置。

【請求項11】 請求項第3項記載の発光装置であって、前記PNダイオードおよび前記発光要素が共通の電極を有していることを特徴とする装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、非常に高い周波数で変

調可能な発光装置およびその方法に関する。本発明は半導体材料中に実施される場合は、主として光ファイバー技術に応用される。

## 【0002】

【従来の技術】 発光半導体を励起して光を放出させるためにはいくつかの方法がある。フォトルミネッセンスは、放出される光よりも短波長の光を当てて励起する場合に発生する。エレクトロルミネッセンスでは、半導体中へ電流を注入することによって励起が行われる。

【0003】 光源の輝度(ラジエンス)は単位立体角(ステラジアン)および単位面積( $m^2$ )当たりの光束( $Wm^{-2}sr^{-1}$ )で定義される。発光半導体の輝度は注入される電子-正孔対の数、いわゆる電荷キャリア密度に比例する。

【0004】 半導体内部での励起は非常に効率的に行われているにも拘わらず、放出される光の非常にわずかな部分だけが半導体から解放されて出てくる。この理由は一方で、半導体が高い屈折率を有しているためであり、他方では、放出される光が等方的、すなわちすべての方向に均等に分布しているためである。高い屈折率は、半導体の表面に垂直な狭い円錐形の内部に入射する光のみが脱出できるということを意味する。他方、残りの光は半導体表面で反射される。

【0005】 半導体中での発光効率を良好なものとするために、DH構造が採用される。それは3層を含み、光を放出するいわゆる活性層として働く発光半導体の薄い層をその活性層のバンドギャップよりも広いバンドギャップを有する別の半導体材料の2つのより厚い層、いわゆる障壁層で取り囲むようにして構成される。

【0006】 もし、DH構造がマイクロキャビティ中に置かれれば、放出される光は方向性を持つ。マイクロキャビティは2つのミラーを含み、マイクロキャビティの共鳴波長はミラー間の距離によって定められる。このことは、放出される波長がマイクロキャビティの共鳴波長にちょうど等しい場合には、光は半導体表面に本質的に垂直に方向付けられ、従って、半導体から解放されて出てくるということを意味する。光のわずかな部分だけが半導体表面で反射される。マイクロキャビティのミラーとしてブラッグ反射器が使用できる。それは屈折率の高い半導体材料層と低い半導体材料層とを交互に非常に多数並べて構成される。マイクロキャビティは外部からの放射によって励起することもでき(フォトルミネッセンス)、また電流によって励起することもできる(エレクトロルミネッセンス)。

【0007】 もし発光層を十分薄く作ることができれば、量子井戸が形成され、放出波長は外部電界によって影響される。いわゆるシュタルク効果である。

【0008】 量子井戸がマイクロキャビティの共鳴波長と同じ波長の光を発光する時には、その光は方向付けられ、輝度は増大する。量子井戸が光を放出する時、その



波長がマイクロキャビティの共鳴波長からずれたものであれば、輝度は低下する。このように、マイクロキャビティに印加される電界を変化させることによって輝度を変調することが可能である。この電界は、半導体中での電荷キャリア密度よりもずっと高い周波数で変調することができる。

【0009】もし、量子井戸をマイクロキャビティの異なる側面上の2つの電極を通して電流を注入することによって励起するとすれば、電流と独立して量子井戸の電界は変化させることはできず、従って輝度を変調することもできない。

【0010】ヨーロッパ特許出願公開第0, 473, 983 A 2号では、マイクロキャビティの異なる側面上の2電極に加えて、量子井戸を含む層上に共通電極を配することによって上述の問題を解決している。これは、量子井戸の励起が第1電極と共通電極との間を流れる電流によって行われることを意味する。量子井戸に掛かる電界は共通電極すなわち第3の電極によって変化させることができる。こうして輝度を変調することができる。

【0011】問題を解決するこの方法はいくつかの問題点をもたらす。電流はブラッグ反射器を通して流れねばならず、この反射器は異なるバンドギャップを有する材料間に多くの接合を含むため、非常に高抵抗である。量子井戸を含む層上に共通電極を配することもまた、この層が非常に薄い(100 Å)のために、困難な問題を持ち込む。

【0012】最も高速の変調を実現するためには、切換時間をできる限り短くしなければならない。切換時間はマイクロキャビティの容量に比例し、その容量は量子井戸の面積に比例する。上述の解決策では、量子井戸の面積は共通電極へのコンタクトの大きさによって決まる。これが切換時間の下限を与える。

【0013】上述の問題点は量子井戸を光で励起する(フォトルミネッセンス)ことによって解消する。外部光源を使用する場合は、替わって低効率の問題が発生する。一方、光源から光を効率的に引き出すことは困難であり、他方、その光をマイクロキャビティ中へ導くことも困難である。半導体材料の持つ高い屈折率のために、外部光源からの効率はわずかに約2%である。

【0014】本発明の1つの目的は、効率的に光を利用して量子井戸を励起し、それによって非常に高周波数での輝度変調を可能にする発光装置およびその方法を提案することである。

【0015】

【発明の概要】本発明は、発光要素に掛かる電界を変化させることによって光の輝度を制御するようになった発光方法を含む。前記発光要素は、それと同じ半導体母体中に配置されたPN発光ダイオードから発せられる光によって励起される。

【0016】本発明に従う発光装置は、PN発光ダイオ

ードと発光要素とを含み、後者の輝度が電界によって制御されるようになっている。発光要素とPNダイオードとは同一の半導体母体中で、PNダイオードからの光が発光要素を励起して光を放出させるように配置されている。

【0017】発光要素は一外部電界の存在しない場合には基本波長を有する、光波長で以て光を放出することのできる量子井戸、一量子井戸を囲む2つの反射器を含むマイクロキャビティであって、量子井戸の前記基本波長に非常に密接に対応する共鳴波長を有するマイクロキャビティ、および前記マイクロキャビティの両端間に電界を印加して、光波長を変化させて、それによってマイクロキャビティの輝度を制御するための手段、を含む。

【0018】PNダイオードは発光要素の電極から分離された少なくとも1つの電極を有する。PNダイオードおよび発光要素は互いに電氣的に分離されており、マイクロキャビティに掛かる電界がPNダイオードを流れる電流と完全に独立するようになっている。

【0019】放射光源とマイクロキャビティとが同じ半導体母体中に含まれる場合、励起された光源に関して高い効率が達成できる。光は半導体から出る必要が無いため、半導体表面における反射損失はなくなる。

【0020】反射器を通して電流が流れないため、反射器は不良導体のままでかまわない。

【0021】量子井戸の面積は小さくてよいので、マイクロキャビティの容量もまた小さくなる。このようにして、切換時間が短縮され、変調周波数は大きくできる。

【0022】

【実施例】図1および図2は本発明の第1の実施例を示す。光は窓1を通して放出される。窓1はマイクロキャビティに属する円形電極2と、PNダイオードに属する電極3とによって取り囲まれている。

【0023】本発明は半導体基板4上に実施されており、この実施例では半導体基板はNドープのGaAsである。半導体基板上に、未ドープのGaAsでできた発光活性層5を2つの障壁層6と7との間に配置することによって量子井戸が作製されるこれらの障壁層は、未ドープまたは低濃度にNドープされた、アルミニウムの成分比が小さい( $x = 0.2$ )のAl<sub>x</sub>GaAsを含む。

【0024】前記障壁層と量子井戸の分離された側面上に上部ブラッグ反射器8と下部ブラッグ反射器9とを配置することによってマイクロキャビティが構成される。上部ブラッグ反射器は、p伝導形AlAsとアルミニウム成分が非常に少ない( $x = 0.05$ ) p伝導形のAl<sub>x</sub>GaAsとが交互に15層並んだものを含んでいる下部ブラッグ反射器は、n導電性AlAsとn導電性Al<sub>x</sub>GaAs( $x = 0.05$ )とが交互に30層並んだものを含んでいる。最初の層、すなわち障壁層に接する層は両ブラッグ反射器ともにAlAsを含んでいる。半導体母体の表面に最も近い、上部ブラッグ反射器8に隣接

する場所には、例えばp伝導形AlGaAsのような光学的に透明な終端層10を配置することが好ましい。

【0025】第1の実施例に関するエネルギーバンド図が図3に示されている。GaAsで構成される量子井戸は、AlGaAsで構成される障壁層およびAlAsとAlGaAsで構成されるブラッグ反射器のいずれよりも小さいバンドギャップを有する。

【0026】この量子井戸の基本波長は材料のエネルギーバンドギャップと材料の厚さとで定まる。マイクロキャビティの共鳴波長はブラッグ反射器間の距離の2倍によって定まり、量子井戸の基本波長より約1%大きく選ばれるのが好ましい。従って2つの障壁層と活性層の合計の厚さは共鳴波長の半分に等しくあるべきである。この実施例で、活性層の厚さは10nmで、障壁層の厚さは各々112nmである。

【0027】ブラッグ反射器は複数層からできており、その厚さは共鳴波長の4分の1、すなわち $\lambda_R/4$ である。終端層10は $\lambda_R/2$ に等しい光学的厚さを有している光学的厚さとは実際の厚さに屈折率を乗じたもの( $OL=L \times n$ )である。

【0028】同じ半導体基板中に発光層11を有するPN発光ダイオードも配置されているPNダイオードの上で、半導体母体の表面から上部ブラッグ反射器の一部が取り除かれている。しかし、少なくとも障壁層に最も近い1層だけは残っている。この層12はPNダイオードの電極3に対するコンタクト層を構成する。マイクロキャビティおよびPNダイオードは共通の電極13を有している。PNダイオードは電極3および13を介してPNダイオードの順方向に電流を供給されることによって連続的に駆動される。

【0029】マイクロキャビティからの輝度は、マイクロキャビティの電極2および13間へ外部電圧源から電圧を供給することによって制御できる。窓1を通して放出される光の輝度は、量子井戸が共鳴波長からずれた波長の光を放出する時よりも、量子井戸がマイクロキャビティの共鳴波長と同じ波長の光を放出する時のほうが大きい。従ってマイクロキャビティ両端間の電圧を変化させることによって輝度を変化させることができる。

【0030】マイクロキャビティとPNダイオードとの間の1つの領域14は、少なくとも下部ブラッグ反射器9中まで半導体母体を貫通するプロトン照射によって電氣的に絶縁化される。これによってその領域は電氣的、光学的に絶縁化される。熱処理によって領域14は再び光学的に透明とされるものの、電氣的な絶縁性は保存される。

【0031】別の実施例では、この絶縁性領域は半導体母体全体を通して広がっている。電極13は2つの電極によって置換することができ、その場合、1つの電極をマイクロキャビティへつなぎ、もう1つの電極をPNダイオードへつなぐ。

【0032】第1の実施例の修正例として、量子井戸はGaAsに対して格子不整合となる未ドープのInGaAsを含むことができる。未ドープのInGaAsを用いることの1つの特長は、半導体基板のGaAsが透明である波長の光をそれが放出するということである。このことはPNダイオードからの放射損失を更に低減するという寄与をもたらす。障壁層(6、7)は未ドープまたは低濃度にNドープされたGaAsを含む。ブラッグ反射器は複数層で構成され、p伝導形AlAsと、アルミニウム成分比を零以上に変化するものとして( $x \geq 0$ ) p伝導形Al<sub>x</sub>GaAsとの交番層を含むことができる。障壁層に隣接する層はAlAsを含む。

【0033】図4は本発明の第2の実施例を示す。この実施例が第1の実施例と異なる点はPNダイオードがマイクロキャビティの下側に配置され、量子井戸を下側から照らしていることである。PNダイオードおよび量子井戸はもはや同じ活性層を持たず、そのことによって、PNダイオードの活性層の材料を選択することでPNダイオードの波長を左右できる可能性が生まれる。しかし、PNダイオードの波長はブラッグ反射器が光学的に透明であるような領域に属するように、そして量子井戸の基本波長よりも短く選ばれるべきである。

【0034】第1の実施例と同じように、未ドープGaAsの量子井戸5は未ドープAlAsの2つの障壁層6および7の間に配置されている。障壁層および量子井戸の異なる側面上に上部ブラッグ反射器8と下部ブラッグ反射器9とを配置することによってマイクロキャビティが構成される。ブラッグ反射器8および9は複数層を含んでおり、それらはAlAsとAlGaAsの交互に並んだものを含んでいるブラッグ反射器の最初の層、すなわち障壁層に最も近い層はAlGaAsを含む半導体母体の表面に最も近く、上部ブラッグ反射器8の直接接する場所には、例えばp伝導形AlGaAsのような光学的に透明な材料の終端層10が配置されるのが好ましい。

【0035】光が放出される窓1とPNダイオードとの間にマイクロキャビティが位置するようにPNダイオードが配置されている。PNダイオードの活性層11はAlGaAsを含み、量子井戸の活性層よりも広いバンドギャップを有している。このことは、PNダイオードからの光が量子井戸を励起することができることを意味する。PNダイオードからの光は下部ブラッグ反射器9が透明であるような波長を有する。PNダイオードはAlGaAsを含む2つの障壁層20および21を有している。ここで、アルミニウムの成分比は障壁層のバンドギャップが活性層のそれよりも広くなるように十分大きなものである。活性層および下部障壁層21はどちらもp伝導形である。マイクロキャビティとPNダイオードとの間の層20はn導電性AlGaAsを含み、そのAlAs成分比は35%よりも大きく、共通アースを構成

している。

【0036】マイクロキャビティは電極2を有し、PNダイオードは電極3を有する。マイクロキャビティおよびPNダイオードは共通の電極13を有する。電極3と13との間にPNダイオードが順方向バイアスされるようにエネルギーを与えると、PNダイオードは発光し、その波長は量子井戸を励起することのできる十分短い波長のものとなる。半導体材料の高い屈折率のために、PNダイオードからの光の大部分は半導体母体中に留まる。この結果、量子井戸の照射が効率的なものとなる。マイクロキャビティからの輝度は外部の電圧源からマイクロキャビティの電極2と13間に電圧を印加することによって制御することができる。領域24はプロトン打ち込みによって電氣的に絶縁化されている。

【0037】ブラッグ反射器中の層の厚さとマイクロキャビティ中の障壁層の厚さについては、第1の実施例に関して説明したのと同様である。

【0038】本発明はここに説明したものと異なる半導体材料に適用できることはもちろんである。例えば、ブラッグ反射器は、二酸化シリコンや酸化チタンのような誘電材料、すなわち非導電性材料を含むこともできる。反射器の一方は金属でもかまわない。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の第1の実施例の平面模式図。

【図2】 本発明の第1の実施例のA-A切断面の模式図。

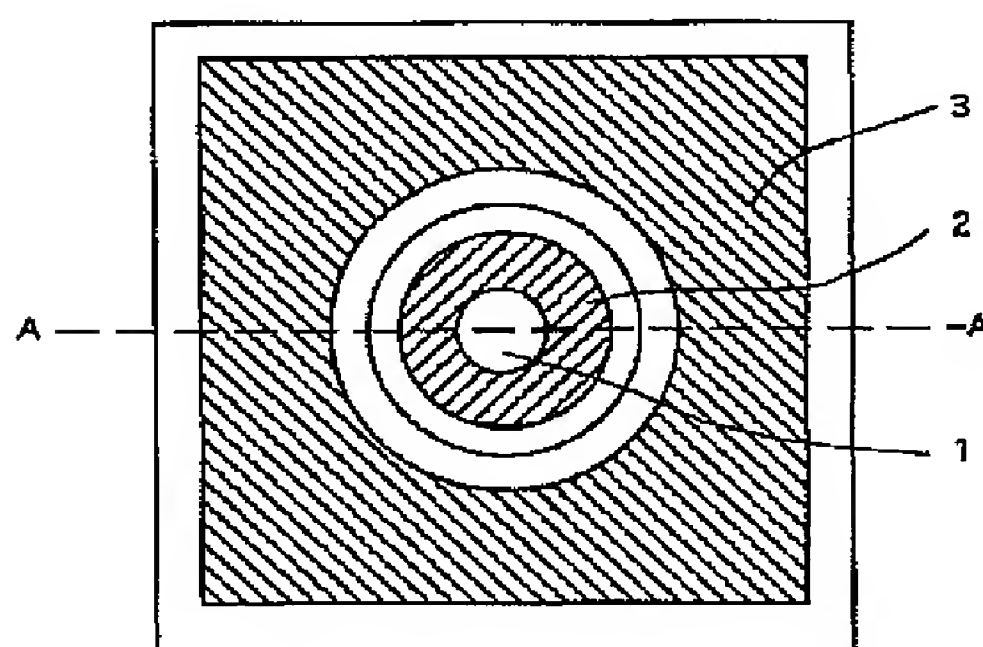
【図3】 本発明の第1の実施例に関するエネルギーバンド図。

【図4】 本発明の第2の実施例の断面模式図。

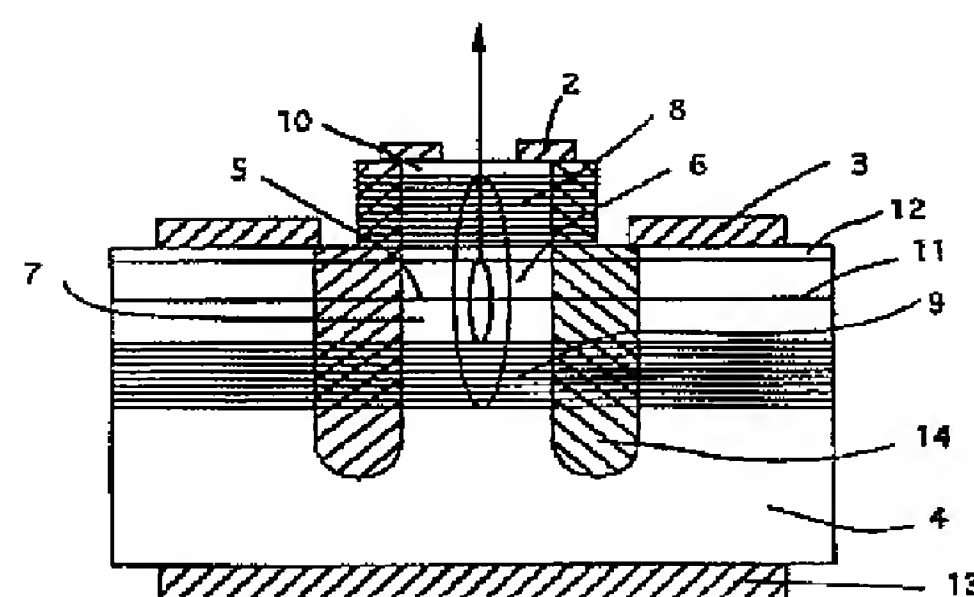
【符号の説明】

- 1 窓
- 2 円形電極
- 3 電極
- 4 半導体基板
- 5 発光活性層
- 6, 7 障壁層
- 8 上部ブラッグ反射器
- 9 下部ブラッグ反射器
- 10 終端層
- 11 発光層
- 12 コンタクト層
- 13 電極
- 14 絶縁領域
- 20, 21 障壁層
- 24 絶縁領域

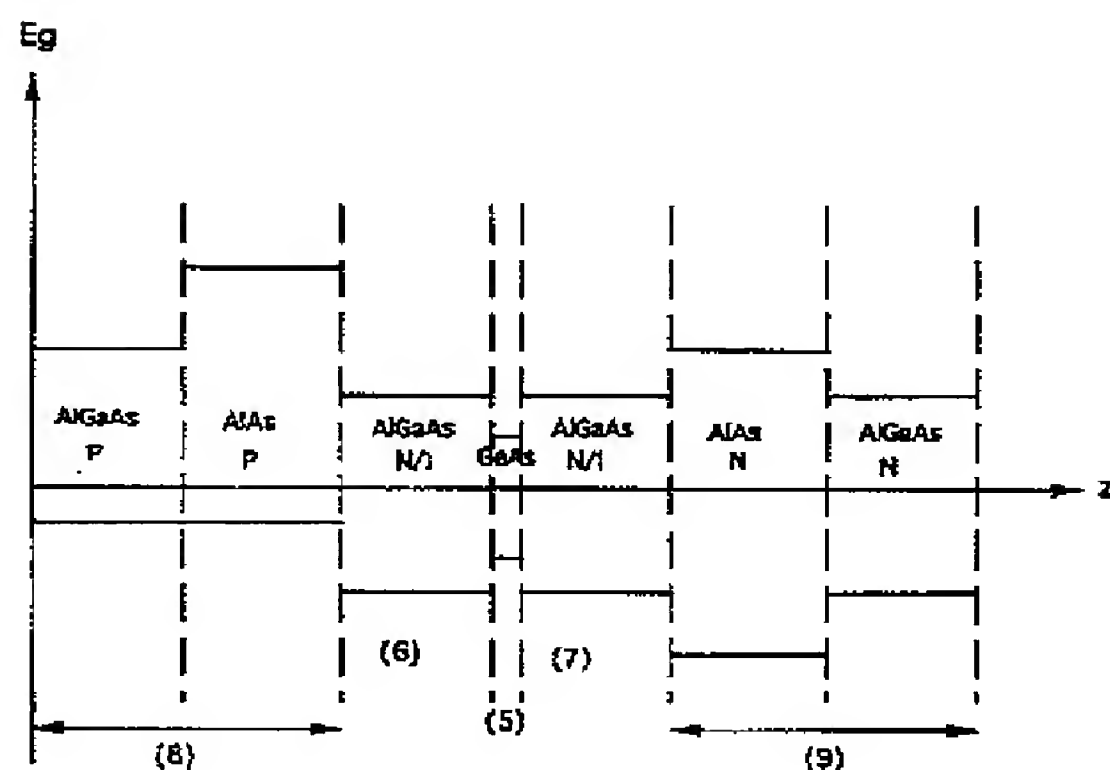
【図1】



【図2】



【図3】



【図4】

